

UNTERSUCHUNGEN ZUR HERSTELLUNG
VON TROCKENFLEISCH UNTER
VERWENDUNG VON AKTIVER TONERDE

RUDOLF BAUER

1965



Aus dem Institut für Nahrungsmittelkunde der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München, Vorstand: Prof. Dr. L. Kotter

UNTERSUCHUNGEN ZUR HERSTELLUNG VON TROCKENFLEISCH UNTER
VERWENDUNG VON AKTIVER TONERDE

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

Zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

von

Rudolf B a u e r

aus

Mannheim

München 1965

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. L. Kotter

Referent: Prof. Dr. L. Kotter

Tag der Promotion: 28. 7. 1965

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Einleitung	1
B. Literaturübersicht	2
I. Zum Begriff Trockenfleisch	2
II. Trocknungsverfahren für Fleisch	2
1. Lufttrocknung	2
2. Vakuumtrocknung	4
3. Gefriertrocknung	5
III. Beschaffenheit von Trockenfleisch	6
1. Veränderungen durch den Trockenprozeß	7
2. Veränderungen bei der Lagerung	9
3. Rehydratationsvermögen	11
4. Verdaulichkeit	11
C. Eigene Untersuchungen	13
I. Herstellung von Trockenfleisch	13
1. Vorversuche	13
a) Material	13
b) Methodik	14
c) Ergebnisse	15
2. Hauptversuche	16
a) Material	16
b) Methodik	17
c) Ergebnisse	17
II. Untersuchungen zur Qualitätsbestimmung von Trockenfleisch	20
1. Material	20
2. Methodik	20
a) Chemische Untersuchungen von Frisch- und Trockenfleisch	20
b) Chemisch-physikalische Untersuchung wäßriger Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch	20
c) Bestimmung der Verdaulichkeit	21
d) Bestimmung des Rehydratationsvermögens	21
e) Organoleptische Untersuchung	21
3. Ergebnisse	22
D. Diskussion	33
E. Zusammenfassung	36
F. Literaturverzeichnis	37
Lebenslauf	45

A. Einleitung

Die Lagerfähigkeit von nicht unter Hitzeeinwirkung konservierten Fleischwaren hängt wesentlich von ihrem Wassergehalt ab. Neben anderen Konservierungsverfahren wurde schon in frühen Zeiten Fleisch durch Trocknen an der Luft haltbar gemacht. Derartige Erzeugnisse entsprachen in ihrem Genußwert meist nicht, so daß immer wieder an ihrer Verbesserung gearbeitet wurde. Im Nähr- und Genußwert hochstehende Erzeugnisse entstehen bei der Gefriertrocknung, die allerdings einen beträchtlichen technischen Aufwand erfordert.

Aktive Tonerde, die stark hygroskopisch ist, bot sich für die Herstellung von Fleischdauerwaren an. Mir wurde aufgetragen zu überprüfen, ob unter Verwendung von aktiver Tonerde hochwertiges Trockenfleisch herzustellen ist.

B. Literaturübersicht

I. Zum Begriff Trockenfleisch

Nach Grau (15) besteht die Trocknung grundsätzlich in einem Wasserentzug, der so weit getrieben wird, daß das resultierende Erzeugnis für längere Zeit haltbar ist. Demnach sind alle Fleischerzeugnisse, die während der Herstellung in irgendeiner Form einem Trocknungsprozeß unterworfen werden - wie z. B. Rohwürste (Kotter u. Prändel 31), Rauchfleisch, Bündnerfleisch etc. - "als echte Produkte der Fleischtrocknung anzusehen" (Koller 29).

In dieser Arbeit soll jedoch unter Trockenfleisch ein Produkt verstanden werden, das ohne Zusätze aus rohem Frischfleisch durch Wasserentzug hergestellt wurde.

II. Trocknungsverfahren für Fleisch

1. Lufttrocknung

Eines der ältesten Konservierungsverfahren besteht darin, Fleisch und andere Lebensmittel durch einfaches Aushängen zu trocknen und dadurch für längere Zeit haltbar zu machen. Wie alt dieses Verfahren ist, läßt sich nicht mit Sicherheit angeben. Auf jeden Fall war es bereits den Kulturvölkern der Antike bekannt. Es wird sogar vermutet, daß es schon den Urvölkern bekannt gewesen und nicht nur in warmen, sondern auch in kalten Klimazonen angewandt wurde.

Dieses auf einfache Weise hergestellte Trockenfleisch spielte, wie Koller (29) ausführt, in ganz Lateinamerika, z. T. auch in Nordamerika sowie in manchen Gebieten von Afrika und Westindien eine große Rolle, teilweise bis in unsere Zeit. Über die Herstellung gibt er an: "Es handelt sich hier um ein in Streifen geschnittenes oder grob zerkleinertes Fleisch von großen Wiederkäuern oder ausnahmsweise auch von kleinen Haussäugetieren, das in der Regel im Freien oder sogar im Sonnenlicht getrocknet wurde. - Häufig scheint eine Pökellung vorausgegangen zu sein."

Da die Lufttrocknung von Witterungseinflüssen stark abhängig ist, stellte Obermiller (38) in zahlreichen Versuchen die Bedingungen fest, bei denen sich Fleisch gerade noch trocknen läßt. Zu diesem Zwecke verbrachte

er Fleischstücke von 50 g und 500 g in Glaszylinder und leitete Luft von bestimmtem Feuchtigkeitsgehalt mit verschiedenen Geschwindigkeiten hindurch. Hierbei stellte er fest, daß die Temperatur bei der Lufttrocknung kaum eine Rolle spielt. Von Bedeutung sind dagegen Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung, wobei darauf hingewiesen wurde, daß selbst bei hohen Luftfeuchtigkeiten eine Trocknung bei entsprechender Luftbewegung möglich war. So konnte er noch bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 75 % Fleisch trocknen, sofern die Luftbewegung 6 - 8 cm/sec betrug. - Nach Abtrocknung der Oberfläche konnte die Luftströmung reduziert und bei einem Gewichtsverlust von 50 % abgestellt werden. - Als Trockenzeit werden für 50 g schwere Stücke 3 - 4 Tage, für 500 g schwere 15 Tage angegeben.

Opitz und Jahrsetz (39) empfahlen, das Trockengut bei 8 - 12° C verschiedenen starken und in verschiedener Richtung wirkenden Luftströmen auszusetzen. Hierzu richteten sie Luftströme so aus, daß infolge des größeren und kleineren Widerstandes und des steten Nachströmens neuer Luftpartikeln eine oscillierende Luftbewegung entstand, die von dem zu trocknenden Gut Wasserteilchen aufsaugte und gleichzeitig die Poren an der Oberfläche schloß.

Müller und Prietsch (35) machten den Vorschlag, das zu trocknende Fleisch in gespanntem Zustand zu halten, um dadurch die Oberfläche zu vergrößern und die Wasserabgabe zu beschleunigen.

Hoshi (25) empfahl vor ca. 40 Jahren ein altes japanisches Verfahren zur Fleischkonservierung. Japanische Fischer sollen seit Jahrhunderten Seetang und Fische im Winter auf Berge tragen, wo sie ausfrieren und austrocknen. Nach Zugabe von Wasser sollen die Fische so vollständig aufquellen, daß sie ihre ursprüngliche Form und Farbe wieder annehmen. Auch der Geschmack soll unverändert erhalten bleiben.

Daß selbst heute die einfache Lufttrocknung noch von Bedeutung sein kann, beweist die Mitteilung von Nahlik (36). Nach seinen Ausführungen wird zum Zwecke der Transporterleichterung Fleisch in größeren Mengen an frischer Luft getrocknet. Die Trocknung gilt als beendet, wenn das Fleisch etwa 40 % seines Anfangsgewichtes verloren hat. Es wird dann in groben Leinwand-säcken verschickt.

Um die Trocknung zu beschleunigen oder auch in klimatisch ungünstigen Gebieten durchführen zu können, ging man verschiedene Wege.

So erwähnte Lerche (33), daß man in England im vorigen Jahrhundert von Sehnen und Fett befreites Fleisch zu einem Brei verarbeitet und auf Blechen bei $62,5 - 75^{\circ}\text{C}$ getrocknet hat. Die Trocknung im erwärmten Luftstrom wurde von mehreren Autoren beschrieben (18, 33, 51, 44, 47). Bei diesen Verfahren wurde rohes oder vorgekochtes zerkleinertes Fleisch - in Streifen oder Würfeln oder als Hackfleisch - auf Rosten, Sieben oder perforierten Bändern einem erwärmten Luftstrom ausgesetzt. Die einzelnen, im Prinzip sich gleichenden Verfahren arbeiteten mit Temperaturen zwischen 55 und 80°C und mehr oder weniger technischem Aufwand. Bei der Trocknung vorgekochten Fleisches wurde die Kochflüssigkeit im Vakuum eingedickt und dem getrockneten, fein zerkleinerten Fleisch wieder beigegeben (Sharp, 51).

2. Die Vakuumtrocknung

Um die Trockenzeiten zu verkürzen - im erwärmten Luftstrom wurden zur Trocknung von Hackfleisch 8 Stunden (47) und von Fleischwürfeln 36 Stunden (33) benötigt - sowie um die Qualität der Erzeugnisse zu verbessern, ging man dazu über, Fleisch unter Vakuum zu trocknen. Da jedoch damit allein keine Verkürzung des Trockenprozesses erzielt werden konnte, wurde gleichzeitig Wärme zugeführt. Grau und Kostenbader (18) überprüften unter Anwendung eines durchschnittlichen Vakuums von $20 - 24\text{ mm Hg}$ folgende Methoden:

- a) Trocknung im Vakuum durch elektrisch erzeugte Strahlungswärme (schwedisches Verfahren Gentele).

Dem auf Blechborden liegenden Trockengut wurde Strahlungswärme elektrischer Widerstände zugeführt. Die Trocknung konnte bei dem angegebenen Vakuum (Siedetemperatur des Wassers $22 - 25^{\circ}\text{C}$) bei einer niedrigen Temperatur durchgeführt werden. War jedoch der größte Teil des Wassers verdampft, kam es rasch zu einer starken Erwärmung oder gar Verbrennung des Trockengutes.

- b) Trocknung im Vakuum bei Anwendung der Wärme entspannten Wasserdampfes.

Hier wurde mit einem Vakuumtrockner gearbeitet, dessen Manteltemperatur zwischen 43 und 70° lag. Fleischwürfeln konnte allerdings nicht genügend Wasser entzogen werden, weshalb sie gewolft und nachgetrocknet werden mußten.

c) Trocknung im Vakuum mittels eines Zweiwalzentrockners.

Dieses Verfahren eignete sich für die Trocknung von Hackfleisch, Zwischen zwei auf 60 - 64° C erwärmten gegeneinanderlaufenden Walzen wurde rohes Hackfleisch getrocknet. Nach einer Verweildauer von 8 Sekunden streiften Schaber das getrocknete Material ab. Da in dieser Zeit jedoch eine genügende Entwässerung nicht erzielt werden konnte, verblieb das Fleisch bis zur ausreichenden Trocknung im Vakuum.

Petersen (42) beschreibt eine im Jahre 1946 in Betrieb genommene "Vakuumkontakttrockenanlage". Die Anlage bestand aus einem Trockenschrank, der sich bis auf 25 Torr evakuieren ließ und mit hohlen, gegeneinander beweglichen Heizplatten versehen war, wodurch auf das zu trocknende Gut ein Druck zwischen 0 und 0,5 kg/cm² ausgeübt werden konnte. Die Heizplatten wurden mit Heißwasser beschickt, das mit Temperaturen zwischen 14° und 120° zirkulierte. Der sich während der Trocknung entwickelnde Wasserdampf wurde in einem Einspritzkondensator mittels Seewasser kondensiert.

Im Gegensatz zu den zuletzt genannten Methoden (18, 42) führten Grau und Schultheiß (19) die Trocknung im Vakuum bei niedrigen Temperaturen durch. Ihre Modellanlage bestand aus einem heiz- und evakuierbaren Exsikkator. Getrocknet wurden Fleischwürfel bei Zimmertemperatur bis zu maximal + 36° C, entsprechend der ungefähren Körpertemperatur der Warmblüter. Der im Exsikkator sich bildende Wasserdampf wurde zusätzlich von Silikagel adsorbiert. Nach 8stündiger Trocknung hatten die Fleischwürfel einen Wassergehalt zwischen 3,5 und 16,4%.

3. Gefriertrocknung

Es handelt sich um die schonendste Form der Vakuumtrocknung, bei der die Entwässerung von gefrorenem Material durch Sublimation in einer Hochvakuumanlage bei einem Druck von weniger als 1 mm Hg erfolgt. Zur Beschleunigung der Sublimation wird dem zu trocknenden Material auf verschiedene Art Wärme zugeführt.

Die Unterschiede der Gefriertrocknung zu den anderen Trockenverfahren charakterisierte Petersen (41) folgendermaßen: "Beim klassischen Trocknen von nicht gefrorenen Lebensmitteln muß ein Teil des zu verdampfenden Wassers durch Diffusion von den inwendigen Teilen des Materials zur Oberfläche wandern, wo lösliche Bestandteile eine Verkrustung und Verfärbung der Oberfläche verursachen können. Während des Gefriertrocknens können solche Veränderungen in den unlöslichen-löslichen Ver-

hältnissen nicht stattfinden, da die nicht wasserhaltigen Bestandteile tatsächlich durch das Gefrieren entwässert worden sind und die Sublimation der Eiskristalle in situ geschieht¹⁹.

Anfänglich verlief die Gefriertrocknung sehr langsam. So benötigte man nach Furgal (12) zur Entwässerung von 1/2 Zoll dicken Steaks (1,27 cm) 24 - 72 Stunden. Tappel und Mitarbeiter (58) gaben als Trockenzeit für 1,9 cm dicke Beefsteaks 18 Stunden an. Nach Brynko und Smithies (5) dauerte die Gefriertrocknung von 3/4 Zoll dicken Fleischscheiben (ca. 1,8 cm) zunächst 15 - 20 Stunden. Das Trockengut lag hierbei auf Metallplatten, die auf 6 - 70° C erwärmt waren. Übt man wie bei der Vakuumkontaktmethode (s. S. 5) mittels der beheizten Platten auf das Fleisch einen Druck aus, so ließ sich die Trockenzeit auf 8 - 10 Stunden verkürzen. Einen weiteren Zeitgewinn von ca. 2 Stunden erzielten die Verfasser, indem sie die Heizplatten mit Duraluminiumstacheln versahen, welche die zu trocknenden Fleischscheiben durchbohrten. Außen- und Kernbezirke werden dabei gleichzeitig erwärmt und damit das Zurückbleiben eines gefrorenen Kerns verhindert. Dies ist insofern von Bedeutung, weil die äußere bereits trockene Schicht isolierend wirkt und den Durchtritt der Wärme zum gefrorenen Kern erschwert. Die Beseitigung der restlichen 10 % Feuchtigkeit dauert dann genauso lange wie die der übrigen 90 %.

Copson und Decareau (7) empfahlen als Wärmequelle Mikrowellen bestimmter Wellenlänge, die direkt im Trockengut Wärme zu erzeugen vermögen. Als Trockenzeit wurden 6 Stunden angegeben. Tappel und Mitarbeiter (56) hielten dagegen Infrarotstrahlen als Wärmequelle für geeigneter.

Der sich bildende Wasserdampf wird ähnlich wie in Vakuumanlagen an Kühlschlangen kondensiert oder mit einer Dampfstrahlpumpe entfernt (12).

Schließlich wurde nach den Vorschlägen von Kowkheswili und Timofeywa (32) Fleisch vor der Entwässerung tiefgefroren, wodurch sich neben geringer Verkürzung der Trockenzeit arbeitstechnische Vorteile ergaben.

III. Beschaffenheit von Trockenfleisch

Die Beschaffenheit des Trockenfleisches, d. h. seine Qualität, wird bestimmt durch die während des Trocknungsprozesses auftretenden Veränderungen, die bei den einzelnen Verfahren verschieden stark ausgeprägt sind. Weiterhin beeinflussen Art und Dauer der Lagerung die Qualität des Trockenfleisches,

1. Veränderungen durch den Trockenprozeß

Einfache Lufttrocknung - im Freien oder sogar bei direkter Sonnenbestrahlung - hatte starke Qualitätsverluste zur Folge, hervorgerufen durch rasch ablaufende chemische und enzymatische Reaktionen. Hohe Lagertemperatur - man hielt Trockenfleisch für ein unempfindliches Produkt von fast unbegrenzter Haltbarkeit - und ungehinderter Zutritt von Sauerstoff und Feuchtigkeit verschlechterten es noch mehr. Koller und Franzke (11) bezeichneten es auf Grund seiner ungenügenden Rehydratation und seines widerlichen Geschmacks als ungenießbar.

Diese schlechte Wasseraufnahme ist auf Denaturierungsvorgänge, auf eine starke Schrumpfung des Gewebes, hauptsächlich aber auf die Krustenbildung während der Trocknung zurückzuführen. Da nur an der Oberfläche der Fleischstücke Wasser abgegeben werden kann, wandern ständig wasserlösliche Stoffe von innen nach außen, werden an der Oberfläche angereichert und bilden allmählich eine fast wasserundurchlässige Schicht, welche nicht nur den Trockenprozeß, sondern auch die spätere Rehydratation erschwert.

Bei der Lufttrocknung auftretende Veränderungen wurden von Kallert (27) an histologischen Präparaten studiert. Doty und Mitarbeiter (10) sowie Wang und Mitarbeiter (60) kamen zu den gleichen Ergebnissen bei Trockenfleisch, das im Vakuum unter Anwendung von Heißluft hergestellt worden war. Die Entwässerung des Gewebes verursachte zunächst ein allmähliches Schrumpfen der Muskelfasern und eine Verminderung der Abstände zwischen den Muskelfasern. Sodann verschwand die Längsstreifung der Muskelfasern und die Querstreifung wurde undeutlich. Parallel zur Trocknung verlief die Verkleinerung des Muskelfaserquerschnittes. Nach Beendigung der Trocknung waren die Konturen der einzelnen Muskelfasern - im Querschnitt - wie angenagt oder gezähnt. Die Interzellularräume waren teilweise verbreitert, meist aber verengt oder ganz verschwunden, weil die einzelnen Muskelfasern völlig zusammengebacken waren. Auch hier war dieses Zusammenbacken besonders an der Oberfläche der Fleischstücke häufig zu beobachten.

Histochemisch wurde ein Wandern des Kaliums, das normalerweise gleichmäßig über die ganze Muskelfaser verteilt ist, an die Peripherie der einzelnen Fasern nachgewiesen.

Zur Denaturierung der Muskelproteine unter Hitzeeinwirkung äußerten sich Hamm und Deatherage (22): "Erwärmt man Rindfleisch von

20 auf 30° C, so läßt sich eine Änderung der Muskelproteine nicht feststellen. Zwischen 30 und 40° C macht sich eine milde Denaturierung bemerkbar, die auf einer Umbildung der Polypeptidketten und der Bildung neuer Salz- und/oder Wasserstoffbindungen beruht. - Eine starke Denaturierung setzt bei 40° C ein und schreitet bis 50° C weiter fort; sie resultiert in der Bildung neuer stabiler Querverbindungen, die bei Zugabe von Säure oder Base nicht mehr aufspalten. - Der Denaturierungsprozeß schreitet bei steigenden Temperaturen weiter und ist bei 65° C beinahe beendet."

Somit dürfte warmluftgetrocknetes Fleisch weitgehend, im Vakuum getrocknetes entsprechend der im Trockengut erreichten Endtemperatur mehr oder weniger stark denaturiert sein. Außerdem muß bei steigender Trockentemperatur mit wachsenden Verlusten an wasserlöslichem Stickstoff (Grau (13), Davis et al. (9)), an Thiamin und Pantothensäure (Doty et al. (10)) sowie an Amino- und ungesättigten Fettsäuren (Thomas und Calloway (55)) gerechnet werden.

Schließlich muß noch die nichtenzymatische Bräunungsreaktion erwähnt werden, die, wie Cremer und Menden (8) nachgewiesen haben, bereits bei normalen Temperaturen zwischen Proteinen und reduzierenden Zuckern ablaufen kann. Die Bildung von Melanoidinen nimmt jedoch bei Erhöhung der Temperatur rasch zu und ist mit der Einwirkungsdauer positiv korreliert. Neben einer Bräunung stellen sich unerwünschte Geschmacksveränderungen sowie Minderung der biologischen Wertigkeit ein, die auf einer Zerstörung bzw. bei der Verdauung erschwerten Freisetzung einzelner essentieller Aminosäuren beruhen dürfte.

Die bisher geschilderten Veränderungen scheinen bei der Gefriertrocknung nicht aufzutreten, denn "Gefriertrockenfleisch" wurde ohne Ausnahme gut beurteilt. Tappel und Mitarbeiter (56) beschrieben Gefriertrockenfleisch als ein poröses Produkt von hellrosa Farbe, dessen "äußere Struktur" völlig erhalten ist. Nach Rehydratation und Zubereitung sei es lediglich beim Vergleich mit der tiefgefrorenen Kontrolle wegen seiner etwas trockeneren Textur zu unterscheiden; werde es alleine serviert, sei es als Trockenfleisch nicht zu erkennen.

Bei der histologischen Untersuchung konnten Wang und Mitarbeiter (61) praktisch keine Veränderungen feststellen. Die einzelnen Muskelfasern waren nicht zusammengebacken und hatten auch ihre Querstreifung nicht verloren. Außerdem war die bei anderen Trockenverfahren festgestellte Wanderung des Kaliums zur Peripherie der Muskelfasern unterblieben.

Dennoch treten auch bei diesem Verfahren unerwünschte Veränderungen auf, die nach Tappel (54) in erster Linie Oxymyoglobin und Oxyhämoglobin betreffen, die während des Trocknungsprozesses zu Myoglobin und Hämoglobin reduziert werden.

Hamm (21) wies nach, daß das Wasserbindungsvermögen ab- und die Rigidität des Gewebes zunimmt. - "Diese für den Geschmack des Fleisches nachteiligen Veränderungen beruhen auf einer durch den Wasserentzug ermöglichten und von einer gewissen Auffaltung der Peptidketten unterstützten Annäherung der Aktomyosinmoleküle, die von der Bildung neuer intermolekularer Salz- und/oder Wasserstoffbindungen und der Spaltung von Protein-Erdalkaliverbindungen begleitet ist. Für diese Reaktionen, die nicht mit dem Vorgang der Hitzedenaturierung gleichzusetzen sind, sind lediglich der Wasserentzug, nicht aber der Gefrierprozeß oder die Konzentrierung der Inhaltsstoffe im Muskelplasma verantwortlich."

Hunt und Matheson (26) weisen auf drei charakteristische Veränderungen bei der Gefriertrocknung hin:

1. Verminderte Löslichkeit des Aktomyosins in Salzlösungen,
2. Verlust der Kontraktilität der Muskelfasern bei Gegenwart von ATP,
3. Verlust der ATP-ase-Aktivität.

Die Gefriertrocknung beeinflusst - wie Thomas und Calloway (55) nachgewiesen haben - den Gehalt an Vitaminen und ungesättigten Fettsäuren weniger als die üblichen Hitzekonservierungsverfahren.

2. Veränderungen bei der Lagerung

Trockenfleisch galt lange als unempfindliches Produkt von fast unbegrenzter Haltbarkeit, sofern es genügend entwässert war. Segalove und Dack (50) stellten fest, daß Clostridium botulinum, Salmonella enteritidis, Staphylococcus aureus und Streptococcus bei einem Wassergehalt von 20 % nicht mehr wachsen. Schutz vor einem Befall mit Schimmelpilzen ist bei diesem Restwassergehalt allerdings noch nicht gegeben. Nach Stiller (53) stellen nämlich anspruchslose Formen - z.B. Aspergillus glaucus - ihr Wachstum bei optimaler Temperatur (28 - 30°C) erst dann ein, wenn der Wassergehalt des Trockenproduktes Werte erreicht hat, die mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 75 % im Gleichgewicht stehen. Werte, die darunter liegen, bieten absoluten Schutz vor Befall mit Schimmelpilzen. Aus den Untersuchungen

von N e m i t z (37) geht hervor, daß Trockenfleisch mit einem Fettgehalt zwischen 3 und 8 % und einem Wassergehalt von 14,9 - 16,0 % bei 20° C mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70 % im Gleichgewicht steht. Man kann daher sagen, daß eine Trocknung bis auf diesen Restwassergehalt ausreicht.

Trotz des Schutzes vor mikrobiellem Verderb wird offen gelagertes Trockenfleisch bereits nach sehr kurzer Zeit ungenießbar. Besonders empfindlich ist Gefriertrockenfleisch, weil es seiner porösen Struktur wegen besonders Sauerstoff gut adsorbieren kann. Als Folge hiervon kommt es zur Bildung von Hämatinverbindungen und Oxydation der Lipoid- und Proteinfractionen, die rasche Braunverfärbung und Geschmacksänderung des Trockenfleisches herbeiführen (T a p p e l (54)).

Um diesen Einfluß auszuschalten, wurde Trockenfleisch allgemein unter Vakuum in N-Atmosphäre verpackt (6, 44, 46, 48, 52, 57, 58).

Nach S h a r p (52) sind, selbst bei dieser Verpackung, Restwassergehalt sowie Lagertemperatur von Bedeutung, da sie die "Carbonyl-Amin-Bräunung" zu beschleunigen vermögen. R e g i e r und T a p p e l (48) bezeichnen sie als die wichtigste wertmindernde Reaktion und machen sie für folgende Veränderungen verantwortlich:

1. Abnahme der freien Aminogruppen,
2. Verlust an löslichem Gesamt-N, Rest-N und Protein-N,
3. Bildung von Hämatinpigmenten schlechterer Löslichkeit,
4. Abnahme freier Glukose und Mannose,
5. Verschlechterung der Rehydratation,
6. Änderung der Farbe von hell-rosa zu braun oder gelb-braun.

Neben diesen übereinstimmend beschriebenen Veränderungen (49, 13, 16, 17, 58, 57) stellte C o l e (6) eine bemerkenswerte Abnahme an extrahierbarem Aktomyosin, extrahierbarer ATPase sowie einen 40%igen Verlust an Sarkoplasmaeiweißstoffen fest. P a r t m a n n und N e m i t z (40) kamen zu den gleichen Ergebnissen, während M a t h e s o n (34) neben dem Verlust an ATPase auch den Abbau von Glykogen erwähnt, der sich bereits bei einem Wassergehalt von 3,1 % vollzieht.

P r a t e r und E l l i o t (45) empfahlen deswegen, Trockenfleisch in einem Gemisch aus Stickstoff mit einem geringen Zusatz an SO₂ zu verpacken, weil dadurch die Carbonyl-Amin-Bräunung gehemmt und so die Lagerfähigkeit verbessert werde.

Trotz sorgfältiger Verpackung läßt sich Trockenfleisch, unabhängig vom Herstellungsverfahren, kaum länger als 6 - 8 Monate lagern (6, 13, 49). Lediglich Prater und Elliot (44, 45) geben eine Lagerfähigkeit zwischen 12 und 24 Monaten an. Da sie jedoch bei 70° C trockneten, traten schon während der Herstellung starke Veränderungen auf, so daß diese Lagerzeiten kein Wertmaßstab für ein anderes Trockenfleisch darstellen können.

3. Rehydrationsvermögen

Unter Rehydratation versteht man die Wiederaufnahme von Wasser durch entwässertes Material. Trockenfleisch soll nach Zugabe von Wasser wieder die Eigenschaften von Frischfleisch erlangen. Diesem Ziel kommt Gefrier-trockenfleisch am nächsten. Es nimmt, bedingt durch seine poröse Struktur, in 5 - 10 Minuten bis zu 90% des ursprünglichen Wassergehaltes auf (2, 62). Im Vakuum bei 26 - 30° C hergestelltes Trockenfleisch erreicht einen ähnlichen Wassergehalt erst nach 3 Stunden (32). Alle übrigen Trockenfleischprodukte erreichen selbst nach 24 stündigem Wässern diesen Wassergehalt nicht. Es kommt hinzu, daß bei langem Wässern lösliche Stoffe wie Farb- und Aromastoffe, Stickstoff und anorganische Bestandteile austreten, was eine weitere Qualitätsminderung zur Folge hat (49).

Rehydriertes gefriergetrocknetes Fleisch unterscheidet sich im histologischen Präparat nur sehr schwer vom Frischfleisch (Wang et al. (61)); die Muskelfasern sind in Gegenwart von ATP wieder kontraktile (Hunt und Matheson (26)). Zubereitet ist es von Frischfleisch praktisch nicht zu unterscheiden (Tappell et al. (56)).

Dennoch erlangt auch so behandeltes Fleisch seine ursprüngliche Eigenschaften nicht in vollem Umfange.

Nach Hamm (21) kommt es infolge des Wasserentzuges und der Auf-faltung der Peptidketten zu einer Annäherung der Aktomyosinmoleküle, woraus eine Abnahme des Wasserbindungsvermögens und eine Zunahme der Rigidität resultieren.

4. Verdaulichkeit

Die In-vitro-Verdaulichkeit von frisch hergestelltem Trockenfleisch entspricht der des Frischfleisches (49, 33, 17, 1). Obwohl Adachi und Mitarbeiter (1) eine Beeinflussung der In-vitro-Verdaulichkeit durch die

Lagerung verneinen, wird diese von mehreren Autoren übereinstimmend festgestellt (49, 17, 48). Jedoch hat Höhne (24) im Tierversuch nachgewiesen, daß die biologische Wertigkeit auch bei frisch im Vakuum hergestelltem Trockenfleisch 19 - 38 % unter der von Frischfleisch liegt. Im Laufe der Lagerung führt dann die Carbonyl-Amin-Bräunung (8) zu einer weiteren Verminderung der biologischen Wertigkeit, die auf eine Schädigung bzw. Zerstörung oder eine verzögerte Freisetzung (im Verdauungskanal) einzelner essentieller Aminosäuren zurückzuführen ist.

C. Eigene Untersuchungen

1. Herstellung von Trockenfleisch

1. Vorversuche

a) Material

Da die Trocknung mit Hilfe aktiver Tonerde⁺⁾ vorgenommen wurde, soll kurz auf deren physikalisch-chemische Eigenschaften eingegangen werden. Nach Angaben des Herstellers handelt es sich um eine amorphe, hochporöse stark hygroskopische Modifikation des Aluminiumoxydes (Al_2O_3) mit geringen Beimengungen an SiO_2 (0,5 %), Fe_2O_3 (0,1 %) und Na_2O (0,8 %). Die spezifische Oberfläche liegt bei 40 - 60 m²/g. Als Hauptverwendungszweck wird die Adsorption von Wasser aus Flüssigkeiten und Gasen angegeben; dabei verhält sie sich völlig indifferent, quillt und zerfällt nicht. Die Durchbruchbelastung wird bei 25° C mit 15 % angegeben.

Durch aktive Tonerde kann die Luft eines Raumes vollständig entwässert werden, solange das adsorbierte Wasser 15 % des Tonerdegewichtes nicht übersteigt. Die maximale Wasseraufnahme beträgt bis zu 62 %. Die Benetzungswärme wird mit 29 cal/g angegeben.

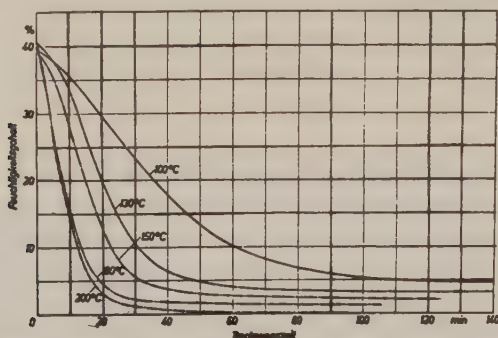
Tonerde, deren Wasseraufnahmefähigkeit erschöpft ist, läßt sich durch eine Trocknung bei 180 - 250° C beliebig oft regenerieren.

Auch K o l l m a n n und S c h n e i d e r (30) untersuchten das Verhalten des Präparates AGL 1 gegenüber Wasser. Zunächst bestimmten sie bei verschiedenen Trocknungstemperaturen die Zeiten, innerhalb derer das adsorbierte Wasser abgegeben wird. Ergebnisse s. Abb. 1.

⁺⁾ Die hier verwendete aktive Tonerde wird unter der Bezeichnung AGL 1 von der Firma Gebr. Giulini, G.m.b.H., Ludwigshafen/Rhein vertrieben, der ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung von Informations- und Versuchsmaterial danken möchte.

Abb. 1

Regeneration von aktiver Tonerde bei verschiedenen Temperaturen; nach K o l l m a n n und S c h n e i d e r (30)



Hieraus ist ersichtlich, daß bei 200⁰ C eine rasche und vollständige Trocknung erfolgt. Sie fügten dann später allerdings hinzu, daß bei dieser Temperatur noch eine Restfeuchtigkeit von 2,4% vorliegen kann. Sie stellten außerdem fest, daß bei Verringerung der Korngröße von 1 - 3 mm auf 0,1 - 1 mm die Regenerationszeit höchstens in unbedeutendem Maße verkürzt wird. Die Wasseraufnahmefähigkeit ist ebenfalls bei beiden Korngrößen gleich.

Bei den eigenen Untersuchungen gelangte Tonerde beider Körnungen zur Anwendung.

Weiterhin gelangte mageres Bullenfleisch aus der Oberschale zur Anwendung. Da sich ausgereiftes Fleisch für die Trocknung als günstiger erwiesen hat (48), wurde es 4 - 6 Tage gelagert.

Zur Vermeidung einer direkten Berührung des Fleisches mit der Tonerde wurde es vor der Trocknung in dichtes Leinen bzw. Kunstfasergewebe bzw. in wasserdampfdurchlässige Folien verpackt.

b) Methodik

Das ausgereifte Fleisch wurde nach Entfernung des abgetrockneten Randes sowie der noch anhaftenden Fett- und Bindegewebsanteile mit einer Wurstschneidemaschine quer zur Faser in 1 cm dicke Scheiben geschnitten. Um den Einfluß der Luftfeuchtigkeit weitgehend auszuschließen, wurde die Trocknung im Exsikkator durchgeführt, dessen Boden ca 5 cm dick mit aktiver Tonerde - in einem Fall Korngröße 1 - 3 mm, im anderen 0,1 -

1,0 mm - belegt war. Die Fleischscheiben wurden z.T. frei im Exsikkator aufgehängt, z.T. ohne und mit wasserdampfdurchlässiger Verpackung in die Tonerde eingelegt. Letzteres deswegen, weil Fleisch nach direkter Berührung mit Tonerde entsprechend § 4a LMG nicht mehr verkehrsfähig ist.

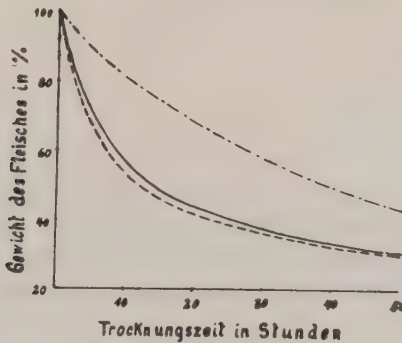
Die Trocknung erfolgte bei Zimmertemperatur, normalem Druck ohne Wärmezufuhr und Luftumwälzung. Eine Kontrolle wurde im gleichen Raum zur Trocknung aufgehängt.

c) Ergebnisse

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, ist eine rasche Trocknung nur bei direktem oder sehr engem Kontakt zwischen Fleisch und Tonerde möglich. Demgegenüber verliert frei im Raum aufgehängtes Fleisch (Kontrollprobe) sehr langsam an Gewicht. Die im Exsikkator aufgehängten Scheiben (ohne Kontakt mit der Tonerde) konnten bei diesem Versuch nicht berücksichtigt werden; sie trockneten noch langsamer als die Kontrollproben, bleiben somit relativ feucht und waren bereits nach 20 Stunden verdorben.

Abb. 2

Trocknung von 1,0 cm dicken Fleischscheiben bei Anwesenheit von aktiver Tonerde



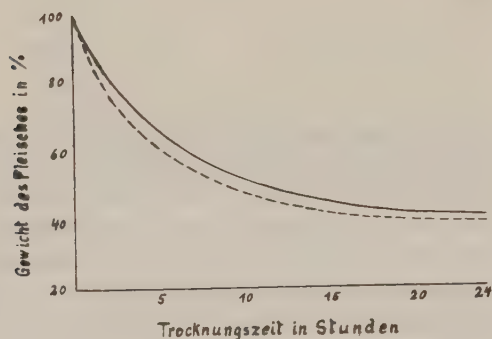
Zeichenerklärung:

- .-.- Kontrolle bei Zimmertemperatur
- verpacktes Fleisch
- unverpacktes Fleisch

Die Gegenüberstellung verpackter Proben, die in verschieden gekörnter Tonerde getrocknet wurden, ergibt eine geringgradige Überlegenheit der feiner gekörnten Tonerde (Abb. 3).

Abb. 3

Einfluß der Körnung aktiver Tonerde auf den Trocknungsverlauf



Zeichenerklärung:

- Körnung 1 - 3 mm
 ----- Körnung 0,1 - 1,0 mm

2. Hauptversuche

a) Material

Analog den Vorversuchen wurde 4 - 6 Tage gelagertes Bullenfleisch aus der Oberschale verwendet. Die Trocknung wurde hier nur mit feinkörniger Tonerde (0,1 - 1,0 mm) durchgeführt. Zur Verpackung wurden selbst hergestellte Beutel aus gut wasserdampfdurchlässigem Cellophan⁺⁾ benutzt.

⁺⁾ Die Cellophanfolien ("Cellophan PT 600") wurden mir von der Fa. Kalle AG, Wiesbaden-Biebrich, zur Verfügung gestellt, der an dieser Stelle gedankt sei.

b) Methodik

Wie bei Versuchsreihe 1 wurde das Bullenfleisch von Trockenrand, anhaftendem Fett und Bindegewebe befreit und quer zur Faser in Scheiben von 0,5 und 1,0 cm geschnitten. Nach der Gewichtsbestimmung wurden die Fleischscheiben in Cellophanbeutel verpackt, in die Tonerde eingelegt und in bestimmten Zeitabschnitten die Gewichtsverluste ermittelt. Getrocknet wurde wiederum in Exsikkatoren bei Zimmertemperatur ($20 - 22^{\circ}\text{C}$) und im Kühlschrank bei $+4^{\circ}\text{C}$.

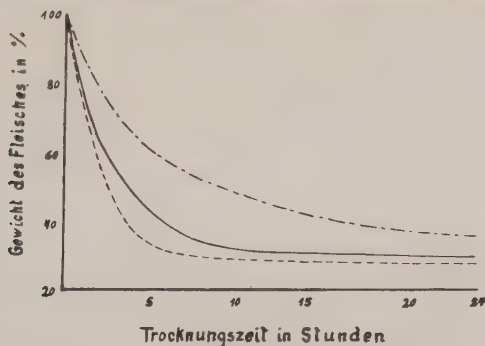
Die bei den Versuchen verwendete Tonerde wurde zur Regeneration bei 100°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Versuchsweise erfolgte die Regeneration durch Glühen bei 600°C .

c) Ergebnisse

Tabelle 1 und Abb. 4 zeigen, daß bei der Trocknung von Fleisch in Tonerde während der ersten 4-6 Stunden beachtliche Gewichtsverluste auftreten, die mit fortschreitender Austrocknung geringer werden. Die Trocknungsgeschwindigkeit wird bei dieser Versuchsanordnung entgegen den Erwartungen durch die Temperatur nicht beeinflusst, dagegen durch die Dicke der Fleischscheiben.

Abb. 4

Trocknung 0,5 und 1,0 cm dicker Fleischscheiben in aktiver Tonerde



Zeichenerklärung:

- .-.- 1,0 cm dicke Scheiben, Tonerde bei 100°C regeneriert
- 0,5 cm dicke Scheiben, Tonerde bei 100°C regen.
- .-.- 0,5 cm dicke Scheiben, Tonerde bei 600°C regen.

Tab. 1 : Gewichtsverlust in % während der Trocknung

A) Trocknung mit bei 100° C regenerierter Tonerde

Dicke der Fleischscheiben	Trockentemperatur	2 Stunden	4 Stunden	6 Stunden	8 Stunden	24 Stunden
1,0 cm	20 - 22° C	22,46	35,29	43,65	48,64	65,03
0,5 cm	20- 22° C	37,54	52,99	61,74	66,77	70,87
0,5 cm	4° C	37,58	52,65	61,59	66,51	70,94

B) Trocknung mit bei 600° C regenerierter Tonerde

0,5 cm	20 - 22° C	42,89	65,80 ^{x)}	69,02	70,61	72,71
--------	------------	-------	---------------------	-------	-------	-------

x) Die Gewichtsbestimmung erfolgte nach 4 1/2 Stunden.

Wie aus Abb. 4 ersichtlich, entzieht bei 600° C regenerierte Tonerde dem Fleisch die Feuchtigkeit bedeutend rascher als bei 100° C regenerierte. Ein Restwassergehalt des Fleisches von rund 15 % wird, wie sich ebenfalls aus Abb. 4 ableiten läßt, nach 24stündiger bzw. nach 8stündiger Trocknungszeit erzielt.

Es sei noch vermerkt, daß analog den Ausführungen über die Benetzungswärme (s. S. 13) beim Zusammentreffen von Fleisch und regenerierter Tonerde ein Temperaturanstieg zu verzeichnen war. Er betrug für bei 100° C regenerierte Tonerde 4 - 6° C, für bei 600° C regenerierte dagegen 25 - 28° C.

II. Untersuchungen zur Qualitätsbestimmung von Trockenfleisch

1. Material

4 - 6 Tage abgelagertes mageres Rindfleisch wurde analog den Hauptversuchen präpariert, verpackt, für 2 - 3 Tage in Tonerde eingelegt und nach der Trocknung verschiedenen Untersuchungsverfahren unterzogen. Um Vergleichsmöglichkeiten zu bekommen, wurden unbehandelte Parallelproben auf die gleiche Weise untersucht.

Zur Herstellung einer Brühe wurden die Trockenfleischscheiben nach Vorzerkleinerung im Starmix fein zerkleinert und das flockige Produkt mit Wasser erhitzt.

2. Methodik

a) Chemische Untersuchungen von Frisch- und Trockenfleisch

Das Frischfleisch wurde gewolft, das Trockenfleisch nach Vorzerkleinerung 20 Sekunden lag im "Starmix" zerkleinert und bei beiden Wasser, Asche, Eiweiß und Fett nach den üblichen Methoden bestimmt (4).

Der Reststickstoff wurde nach einem von G r a u (15) beschriebenen Verfahren bestimmt; Nach Fällung der Proteine mit Trichloressigsäure erfolgte die Bestimmung des Stickstoffes im Filtrat nach K j e l d a h l (4).

Die Aminostickstoffbestimmung (quantitative Bestimmung der freien Aminosäuren) wurde nach Enteiweißung mit Trichloressigsäure nach der von P o p e und S t e v e n s (43) angegebenen Methode durchgeführt, wobei die Aminosäuren durch Titration der Kupferkomplexe in Anwesenheit eines besonderen Stärkeindikators bestimmt wurden.

Die pH -Werte wurden elektrometrisch bestimmt. Getrocknetes Fleisch wurde, wie geschildert, zerkleinert und mit bidestilliertem Wasser auf den Anfangswassergehalt gebracht.

b) Chemisch-physikalische Untersuchung wäßriger Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch

Zur Herstellung derselben wurden 10 g gewolftes Frischfleisch 5 mal mit je 50 ml dest. Wasser bei Zimmertemperatur 20 Minuten unter Rühren (mittels eines Magnetrührers extrahiert. Nach Absetzung der Fleischteilchen wurde

jeweils die überstehende Flüssigkeit vorsichtig abgegossen und filtriert. Für die Extraktion des Trockenfleisches wurde die 10 g Frischfleisch entsprechende Trockenmasse (zerkleinert wie auf S. 20 angegeben) eingewogen und mit destilliertem Wasser auf 10 g aufgefüllt.

Im Filtrat erfolgte eine Bestimmung der Trockenmasse und damit der Extraktivstoffe durch Trocknung bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz. Weiterhin wurden Asche, Gesamt-N, Amino-N und pH-Wert bestimmt.

Die Absorptionsspektren der wäßrigen Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch wurden in einem Zeiss Spektralphotometer PM Q II gegen dest. Wasser bei Wellenlängen von 400 - 700 m μ geprüft.

c) Bestimmung der Verdaulichkeit

Die Bestimmung der In-vitro-Verdaulichkeit wurde nach der von H a m m (20) beschriebenen Methode bei 37° C durchgeführt, wobei jeweils gleichwertige Mengen gewolfte Frischfleisch und zerkleinertes Trockenfleisch mit einer Pepsin-Salzsäure-Lösung versetzt wurden. Nach 24stündiger Einwirkung wurden Gesamt-N-, Rest-N- und Amino-N-Bestimmungen durchgeführt.

d) Bestimmung des Rehydrationsvermögens

Entsprechend den Vorschlägen von S c h u l t h e i ß (49) wurde die Rehydration des Trockenfleisches bei Zimmertemperaturen in destilliertem Wasser im Verhältnis 1 : 10 durchgeführt. Vor der Bestimmung von Gewichtszunahme und Wassergehalt wurden die Fleischscheiben mit Löschpapier sorgfältig abgetupft.

Zur Ermittlung der in die Rehydrationsflüssigkeit ausgetretenen Stoffe wurden Trockensubstanz, Asche, Gesamt-N und Rest-N bestimmt.

e) Organoleptische Untersuchung

Zunächst wurden die getrockneten Fleischscheiben einer grobsinnlichen Untersuchung unterzogen. Dabei wurden Geruch, Geschmack und auch die Textur beurteilt. Zur Herstellung einer Brühe wurden die Trockenfleischscheiben nach Vorzerkleinerung im Starmix fein zerkleinert, und das flockige Produkt mit Wasser erhitzt.

3. Ergebnisse

a) Chemische Untersuchungen von Frisch- und Trockenfleisch

Die Analysenwerte von Frisch- und Trockenfleisch sind in den Tab. 2 und 3 zusammengefaßt. Aus Tab. 2 läßt sich entnehmen, daß Fleisch in Ton-erde lediglich auf einen Restwassergehalt von ca 8 - 10 % getrocknet werden kann. Bedingt durch den Wasserverlust liegen die Werte für Asche, Eiweiß und Fett bei Trockenfleisch höher als bei Frischfleisch. Tab. 3 enthält die Werte aus Tab. 2, jedoch bezogen auf die Trockensubstanz. Mit Ausnahme der Fettwerte, die beim Trockenfleisch etwas höher liegen, besteht im wesentlichen Übereinstimmung zwischen den Werten von Trocken- und Frischfleisch.

Die Werte für Gesamt-N, Rest-N und Amino-N sind in Tab. 4 zusammengefaßt. Die wenig voneinander abweichenden Werte lassen i. a. eine verhältnismäßig gleichmäßige Zusammensetzung des Ausgangsmaterials erkennen. Die wesentlich höheren Werte des Trockenfleisches sind auf seinen geringen Wassergehalt zurückzuführen.

Zur weiteren Objektivierung der Werte von Tab. 4 wurden sie auf die Trockenmasse bezogen und in Tab. 5 zusammengefaßt. Abgesehen von den Amino-N-Werten von Frischfleisch, die gegenüber denen von Trockenfleisch signifikant höher liegen, bestehen zwischen den beiden Chargen keine Unterschiede.

Aus Tab. 6 geht hervor, daß beim getrockneten Fleisch die p_H -Werte im Durchschnitt etwas tiefer liegen.

Tab. 2: Zusammensetzung von Frisch- und Trockenfleisch in %

Versuch	<u>Wasser</u>		<u>Asche</u>		<u>Eiweiß</u>		<u>Fett</u>	
	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.
1	76,04	9,09	0,97	4,11	22,35	81,60	0,64	4,95
2	74,16	10,74	1,18	3,98	23,80	80,37	0,64	4,99
3	73,02	10,13	1,33	3,98	23,19	79,69	2,37	6,68
4	76,26	10,80	1,05	4,43	22,29	82,31	0,42	2,58
5	75,42	10,73	1,12	3,80	22,89	83,51	0,58	1,99
6	75,23	9,96	1,10	3,72	22,46	81,49	1,29	4,91
7	75,11	8,73	1,22	3,89	22,89	83,36	0,76	3,79
8	75,89	12,49	1,04	3,71	22,08	80,19	1,12	3,66

Tab. 3 : Zusammensetzung von Frisch- und Trockenfleisch in %
(bez. auf die Trockenmasse)

Versuch	<u>Asche</u>		<u>Eiweiß</u>		<u>Fett</u>	
	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.
1	4,04	4,52	93,29	89,76	2,68	5,45
2	4,59	4,41	92,42	90,04	2,49	5,59
3	4,94	4,43	85,98	88,67	8,79	7,43
4	4,44	4,96	93,91	92,28	1,76	2,89
5	4,55	4,25	93,12	93,55	2,35	2,23
6	4,44	4,13	90,66	90,52	5,20	5,45
7	4,92	4,27	91,97	91,35	3,07	4,15
8	4,32	4,23	91,58	91,64	4,65	4,18

Tab. 4 : Gesamt-N-, Rest-N- und Amino-N-Gehalte von
Frisch- und Trockenfleisch in %

Probe	Gesamt-N		Rest-N		Amino-N ($\times 10^{-3}$)	
	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.
1	3,57	13,05	0,36	1,51	105,0	328,6
2	3,76	12,91	0,38	1,35	109,8	319,7
3	3,71	12,75	0,40	1,52	102,3	285,9
4	3,57	13,17	0,39	1,53	81,40	274,0
5	3,59	13,04	0,41	1,47	75,6	255,7
6	3,53	12,83	0,38	1,48	75,9	239,4

Tab. 5 : Gesamt-N-, Rest-N- und Amino-N-Gehalte von Frisch- und
Trockenfleisch in % (bez. auf die Trockenmasse)

Probe	Gesamt-N		Rest-N		Amino-N ($\times 10^{-3}$)	
	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.	Frischfl.	Trockenfl.
1	14,90	14,36	1,50	1,66	438,6	361,5
2	14,70	14,39	1,47	1,52	425,3	358,1
3	13,75	14,18	1,49	1,70	379,2	318,1
4	15,02	14,76	1,65	1,72	342,9	307,2
5	14,50	14,48	1,66	1,63	305,2	284,0
6	14,64	14,66	1,59	1,69	314,7	273,6

Tab. 6 : p_H - Werte von Frisch- und Trockenfleisch

Probe	Frischfleisch	Trockenfleisch
1	5,62	5,48
2	5,49	5,32
3	5,40	5,13
4	5,34	5,18
5	5,48	5,34

Tab. 7 : p_H - Werte wässriger Extrakte aus Frisch- und Trockenfleisch

Probe	Frischfleisch	Trockenfleisch
1	5,49	5,24
2	4,98	4,75
3	4,70	4,33
4	5,03	4,77
5	5,21	4,91

Tab. 8 : Trockenmasse, Asche, Gesamt-, Rest- und Aminostickstoff
wäßriger Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch in %
bezogen auf die Trockenmasse der Einwaage

Art des Untersu- chungsmaterials	Trockenmasse		Asche		Gesamtstickstoff		Reststickstoff		Aminostickstoff ($\times 10^{-3}$)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Probe										
1	29,46	32,25	4,14	4,24	3,24	3,91	1,87	1,63	479,1	385,0
2	28,52	27,23	3,57	3,18	3,38	3,26	1,59	1,56	460,5	380,0
3	25,45	29,77	3,54	3,89	3,24	3,89	1,62	1,62	430,7	352,1
4	23,62	32,03	2,86	3,62	3,13	3,81	1,90	1,88	378,0	342,7
5	24,66	26,20	2,96	3,35	3,68	3,88	2,12	2,10	327,8	310,8
6	31,65	33,41	3,67	4,07	3,77	3,87	1,95	1,93	348,4	307,4

Zeichenerklärung:

A = Frischfleisch
B = Trockenfleisch

b) Chemisch-physikalische Untersuchung wäßriger Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch

Aus Tab. 8 ist ersichtlich, daß bei Trockenfleisch die Werte für die Trockenmasse und damit den Gesamt-N und die Asche höher, für Amino-N jedoch niedriger sind.

Die p_H - Werte sind in Tab. 7 zusammengefaßt und liegen beim Trockenfleischextrakt durchschnittlich niedriger als die Werte beim Frischfleischextrakt. Insgesamt liegen sie niedriger als die Werte für Frischfleisch und Trockenfleisch selbst.

Die Absorptionsspektren der wäßrigen Extrakte lassen nach den Angaben von Theorell (59) sowie Kiese und Kaeske (28) dem Oxy-myoglobin entsprechende Maxima erkennen. Da die Kurven weitgehend parallel verlaufen, kann für den wäßrigen Extrakt von Trockenfleisch ein geringerer Farbstoffgehalt angenommen werden.

c) Bestimmung der Verdaulichkeit

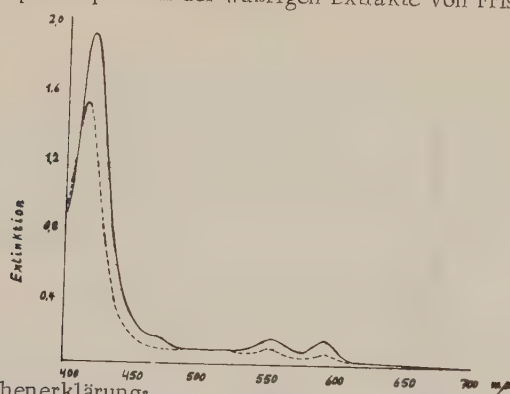
Die Werte sind in Tab. 9 zusammengefaßt und lassen für Trockenfleisch durchschnittlich etwas höhere Gesamt-N-, Rest-N- und Amino-Gehalte erkennen.

Tab. 9 : In-vitro-Verdaulichkeit von Frisch- und Trockenfleisch.
 In Lösung gegangener Gesamt-, Rest- sowie Aminostickstoff in % (bez. auf den Gesamt-N der Einwaage)

Versuch	Gesamtstickstoff		Rest-N		Amino-N	
	Frischl.	Trockenfl.	Frischl.	Trockenfl.	Frischl.	Trockenfl.
1	94,12	93,65	66,18	75,35	8,75	10,85
2	94,60	94,89	79,13	73,16	11,54	9,72
3	93,39	95,57	69,28	69,63	10,64	11,04
4	96,61	99,39	68,46	73,14	8,39	10,13
5	95,74	98,04	74,10	80,65	10,58	12,84

Abb. 5

Adsorptionsspektren der wäßrigen Extrakte von Frisch- und Trockenfleisch



Zeichenerklärung:

- Frischfleisch
- - - - - Trockenfleisch

Tab. 10 : Rehydratation von frisch hergestelltem Trockenfleisch

Zeit in Std.	Gewichtszunahme in %		Wassergehalte in %	
	A	B	A	B
0	-	-	8,26	8,73
1	41,15	82,15	35,27	52,36
2	57,53	101,32	43,39	58,47
4	78,59	110,91	52,65	62,84
6	88,39	112,33	57,91	65,18
8	101,12	113,00	61,66	66,60
24	110,99	113,12	66,82	69,01

Tab. 11 : Gehalte an Trockensubstanz, Asche, Gesamt-N und Rest-N der Rehydratationsflüssigkeit in %

Zeit in Std.	Trockensubst.		Asche		Gesamt-N		Rest-N	
	A	B	A	B	A	B	A	B
4	1,02	1,87	0,26	0,33	0,11	0,21	-	-
8	1,47	2,21	0,34	0,36	0,16	0,28	0,12	0,15
24	2,02	2,84	0,36	0,37	0,26	0,37	0,17	0,17

Zeichenerklärung:

- A: Rehydratation von Fleischscheiben mit einer Dicke von 1 cm vor der Trocknung
- B: Rehydratation von Fleischscheiben mit einer Dicke von 0,5 cm vor der Trocknung.

d) Bestimmung des Rehydratationsvermögens

Nach 24 Stunden lagen Gewichtszunahmen bis 113 % vor; die Wassergehalte des Fleisches waren zu diesem Zeitpunkt bis 69 % angestiegen (s. Tab. 10). Die in die Rehydratationsflüssigkeit übergetretenen Mengen an Trockensubstanz, Asche, Gesamt-N sowie Rest-N sind in Tab. 11 aufgeführt.

e) Organoleptische Untersuchung

Nach Abschluß der Trocknung liegt ein hell rotbraunes, etwas transparentes Erzeugnis vor, das seine ursprüngliche Flächenausdehnung in etwa behalten hat, dagegen nur noch über wenig mehr als $\frac{1}{3}$ seiner Dicke verfügt. Es ist unelastisch, hart und zeigt eine glatte, glänzende Oberfläche. Sein Geruch ist weitgehend indifferent. Es ergibt ebenso wie Frischfleisch eine gute Brühe, ist in der Textur jedoch trockener und weniger wohlschmeckend als dieses.

D. Diskussion

K o l l m a n n und S c h n e i d e r (30) prüften die Eignung von aktiver Tonerde für die Holztrocknung und konnten ihre gute Wasseraufnahmefähigkeit bestätigen, die nach eigenen Untersuchungen auch für Fleisch vorliegt. Eine feine Körnung (statt 1 - 3 mm 0,1 - 1 mm) ergab eine, wenn auch sehr geringe Beschleunigung der Trocknung, was neben der etwas kürzeren Regenerationszeit für feiner gekörnte aktive Tonerde den Ausschlag für ihre bevorzugte Verwendung bei den Versuchen ergab.

Ihre Regeneration wurde entsprechend den Angaben von K o l l m a n n und S c h n e i d e r (30) bei 100° C durchgeführt, versuchsweise in einem Fall auch bei 600° C. So regenerierte Tonerde zeigte signifikant raschere Wasseraufnahme, die allerdings mit einem Temperaturanstieg bis 48° C verbunden war. In Anbetracht der bei dieser Temperatur im Fleisch ablaufenden Denaturierungsvorgänge (22) wurde ausschließlich mit bei 100° C regenerierter Tonerde gearbeitet, die das Fleisch lediglich auf 24 bis 26° C erwärmte.

Das Einlegen verpackter, 0,5 und 1,0 cm dicker Fleischscheiben in aktive Tonerde ergab für die ersten 4 - 6 Stunden rasche Wasserabgabe, die allmählich zurückging, wobei die 0,5 cm dicken Scheiben nach 24^h einen Wassergehalt von 12 - 14 % hatten, der von den 1,0 cm dicken frühestens nach 48^h erreicht wurde. Auch bei längerer Trocknung und wiederholter Erneuerung der aktiven Tonerde konnte nur ein Wassergehalt von ca 8 % erreicht werden. Die Ursache für den nach anfänglich rascher Wasserabgabe verzögerten Trocknungsverlauf liegt daran, daß die Randbezirke stark austrocknen und verkrusten, was den weiteren Wasseraustritt erschwert (10, 27, 60).

Die unterschiedlichen Angaben im Schrifttum (5, 7, 12, 18, 19, 32, 33, 47, 48) über Trocknungszeiten sind in der Anwendung ungleicher Trocknungsverfahren zu suchen. Viele in neuerer Zeit erschienene Arbeiten geben zwar gegenüber der Trocknung in aktiver Tonerde kürzere Trocknungszeiten für Fleisch an, liefern jedoch mit Ausnahme der Gefriertrocknung und des von G r a u und S c h u l t h e i ß (19) beschriebenen Verfahrens schlechtere Produkte. Es wurde verschiedentlich (18, 33, 51, 44, 47) bei Temperaturen bis 85° C bzw. unter Vakuum bei Temperaturen zwischen 43° C und 70° C getrocknet. Dabei kommt es neben den bei hohen Wasserverlusten üblichen Schrumpfungsvorgängen (10, 27, 60) zum Auftreten von temperaturbedingten Denaturierungen und Krusten mit hohem Gehalt an wasserlöslichem Stickstoff (13).

Während die Gefriertrocknung von Fleisch sich von dem hier angewandten Trocknungsverfahren wesentlich unterscheidet, bietet das von G r a u und S c h u l t - h e i ß (13) beschriebene Verfahren insofern Berührungspunkte, als nur Silikagel, gleichzeitig jedoch Wärme (bis + 36° C) und Vakuum eingesetzt wurden, wodurch - allerdings bei größerem Aufwand gegenüber der Trocknung mit aktiver Tonerde - kürzere Trocknungszeiten erzielt werden konnten. Die Qualität so hergestellter Produkte liegt nach ihren Angaben infolge Verlusten an extrahierbarem Gesamt-N, Rest-N, Amino-N, Asche und verringerter Löslichkeit der Muskelproteine unter der von Gefriertrockenfleisch, und zwar trotz der auch beim Gefriertrocknen auftretenden Veränderungen wie Reduktion des Oxy-myoglobins (54), vermindertes Wasserbindungsvermögen (21) und herabgesetzte Löslichkeit von Aktomyosin in Salzlösungen (26).

Bei den Untersuchungen zur Qualitätsbestimmung von unter Verwendung von aktiver Tonerde hergestelltem Trockenfleisch ergaben sich für die Gehalte von Asche, Gesamt-N und Rest-N keine Unterschiede zwischen Frisch- und Trockenfleisch; lediglich die Fettwerte lagen bei Trockenfleisch etwas höher, die Amino-N-Werte dagegen niedriger als bei Frischfleisch. Die Verringerung der Amino-N-Werte kann mit der Maillard-Reaktion in Zusammenhang gebracht werden (48).

Die Untersuchung wäßriger Extrakte aus Frisch- und Trockenfleisch auf ihre Gehalte an Trockenmasse, Asche, Gesamt-N, Rest-N, Amino-N ergaben mit Ausnahme der Rest-N und Amino-N-Gehalte für Trockenfleisch höhere Werte. Die Rest-N-Werte lassen keine Unterschiede zwischen Trocken- und Frischfleisch erkennen, während für letzteres höhere Amino-Werte vorliegen, worauf bereits eingegangen wurde.

Nach den Angaben in der Literatur (7, 13, 48) ist der Stickstoffgehalt wäßriger Extrakte aus dem Trockenfleisch ein Wertmaß für die Qualität von Trockenfleisch. Die hier vorliegende geringgradige Erhöhung des wasserlöslichen Stickstoffes muß zwar mit der intensiveren Zerkleinerung und damit leichteren Extrahierbarkeit von Trockenfleisch (Frischfleisch wurde gewolft, Trockenfleisch im Starmix zerkleinert) in Zusammenhang gebracht werden, läßt jedoch trotzdem den Schluß zu, daß es sich bei der Trocknung mit aktiver Tonerde um ein verhältnismäßig schonendes Verfahren handelt.

Bei den Untersuchungen zur Rehydratation unter Verwendung von mit aktiver Tonerde hergestelltem Trockenfleisch wurden in Abhängigkeit von der Dicke der getrockneten Fleischscheiben bei 24stündigem Einlegen in Wasser 92 % bis 94 % des ursprünglichen Eigenwassers wieder aufgenommen, wobei analog den

Angaben in der Literatur (49) mit fortschreitender Rehydratation und Rehydrationsdauer größere Mengen an Stickstoff und Asche im Rehydrationswasser zu finden waren. Gefriertrockenfleisch nimmt im Gegensatz hierzu innerhalb 5 - 10 Minuten etwa 90 % seines ursprünglichen Wassergehaltes auf (2, 61), was von anders hergestelltem Trockenfleisch in keinem Falle erreicht wird.

Untersuchungen zur Verdaulichkeit des Trockenfleisches ergaben zwar gegenüber Frischfleisch etwas höhere Werte für Gesamt-N, Rest-N und Aminostickstoff, die jedoch auf der intensiveren Zerkleinerung des Trockenfleisches beruhen dürften, so daß letztlich den Angaben der Literatur (1, 17, 33, 49) entsprechend keine Unterschiede zwischen frisch hergestelltem Trockenfleisch und Frischfleisch gegeben sein dürften.

Spektralphotometrische Messungen ließen für Extrakte aus Trockenfleisch eine Abnahme des Muskelfarbstoffgehaltes erkennen, was mit den Angaben von Regier und Tappel (48) übereinstimmt.

Im Gegensatz zu Grau und Friess-Schultheiß (17), wonach durch den Trocknungsprozeß der p_H - Wert zum Neutralpunkt hin verschoben wird, ergaben sich geringgradige p_H - Wert-Senkungen.

E. Zusammenfassung

- 1) Die Literatur über die Herstellung von Trockenfleisch wurde im Hinblick auf Trocknungsverfahren und ihre Eignung diskutiert.
- 2) Aktive Tonerde ist für die Trocknung von Fleisch geeignet, sofern ein enger Kontakt zwischen beiden gegeben ist.
- 3) Die aus hygienischen Gründen notwendige Verpackung mit wasserdampfdurchlässigen Folien beeinträchtigt die Wasserabgabe bei der Trocknung nur unwesentlich.
- 4) Die Trocknung von Fleisch unter Verwendung von aktiver Tonerde kann als schonend bezeichnet werden.

F. Literaturverzeichnis

1. Adachi, R. R.,
L. Sheffner und H. Spector:
The in vitro digestibility and nutritional
quality of dehydrated beef, fish and beans.
Food Res. 23 (1958), 401;
2. Auerbach, E.,
H. Wang, N. Maynard,
D. M. Doty und
H. R. Kraybill:
A histological and histochemical study of
beef dehydration. V. Some factors influen-
cing the rehydration level of frozen-dried
muscle tissue.
Food Res. 19 (1954), 557;
3. Ballantyne, R. M.,
C. Brynko,
A. J. Ducker und
W. R. Smithies:
Dehydrated cooked meat products.
Food Technol. 12 (1958), 398;
4. Beythien-Diemair:
Laboratoriumsbuch für den Lebensmittel-
chemiker.
Verlag Steinkopff, Dresden-Leipzig,
7. Auflage, 1957;
5. Brynko, C., und
W. R. Smithies:
Rapid vacuum freeze-drying of meat.
J. Sci. Food Agric. 9 (1958), 576;
6. Cole, L. J. N.:
The effect of storage at elevated temperature
on some proteins of freeze-dried beef.
J. Food Sci. 27 (1962), 139;
7. Copson, D. A., und
R. V. Decareau:
Microwave energy in freeze-drying procedures.
Food Res. 22 (1957), 402;
8. Cremer, H. D., und
E. Menden:
Über nichtenzymatische Bräunungsreaktionen
und ihre physiologischen Folgen.
Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch.
104 (1956), 33, 105;

9. Davis, L.H., und A.D. Emmet: Vorläufige Mitteilung über die Veränderungen, die in Nahrungsmitteln während des Trocknungsprozesses durch Hitze und im Vakuum eintreten. J.Amer. Chem. Soc. 36 (1904), 444
Ref. in Z. Unters.Nahrungs- u. Genußmittel (1915), 30;
10. Doty, D.M., H. Wang und E. Auerbach: Chemical and histological properties of dehydrated meat. J. Agric. Food Chemistry 1 (1953) 664;
11. Franzke, O.,: Zusammenfassende Betrachtungen über die bisherigen Ergebnisse der Fleischtrocknung. Vet. med. Diss. München 1951;
12. Furgal, H.P.: Progress in meat dehydration. Food Engng. 26, NO. 9 (1954), 74;
13. Grau, R.: Über das Verhalten der wasserlöslichen Stickstoffverbindungen beim Trocknen von Fleisch. Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 86 (1943). 188;
14. Grau, R.: Über das Trocknen von Fleisch. Dtsch. Lebensmittel Rdsch. 46 (1950), 30;
15. Grau, R.: Fleisch und Fleischwaren. Verlag A.W. Hayn's Erben, Berlin 1960 S. 122;
16. Grau, R. und A. Frieß: Einfluß der Trocknung von Fleisch und der Lagerung von Trockenfleisch auf Leitfähigkeit, Extraktivstoffe, Asche, Phosphor, Stickstoff, Farbe und Muskelproteine in wässrigen Extrakten. Fleischwirtschaft 14 (1962), 675;
17. Grau, R., und A. Frieß-Schultheiß: Einfluß von Trocknung und Lagerung auf die chemische Zusammensetzung, pH-Wert, Farbe und Verdaulichkeit des Trockenfleisches. Fleischwirtschaft 14 (1962), 119;

18. Grau, R., und E. Kostenbader: Versuche über Fleischtrocknung. Fleischwirtschaft 23 (1943), 13;
19. Grau, R., und A. Schultheiß: Ein neues Vakuumverfahren zur Herstellung von Trockenfleisch. Fleischwirtschaft 12 (1960), 827;
20. Hamm, R.: Über die Proteolyse der Fleischproteine. Z. Lebensmittel- Unters. u. -Forsch. 102 (1955), 417;
21. Hamm, R.: Chemische und physikalische Veränderungen bei der Gefriertrocknung von Fleisch. Fleischwirtschaft 15 (1963), 201;
22. Hamm, R., und F.E. Deatherage: Changes in hydration, solubility and charges of muscle proteins during heating of meat, Food Res. 25 (1960), 587;
23. Harper, J.C. und A.L. Tappel: Freeze-drying of food products. Adv. Food Res. 7 (1957), 171;
24. Höhne, E.: Über den Eiweißwert von Trockenfleisch. Vet. med. Diss. Giessen 1960;
25. Hoshi, H.: Konservierung durch Kältetrocknung. Ref. Z. Fleisch- und Milchhygiene 35 (1924/25), 291;
26. Hunt, S.M.V., und N.A. Matheson: The effects of dehydration on actomyosin in fish and beef muscle. Food Techn. 12 (1958), 410;
27. Kallert, E.: Die Strukturveränderungen des Muskelfleisches bei der Konservierung und Zubereitung. Z. Fleisch- u. Milchhygiene 41 (1930/31), 297;
28. Kiese, M., und H. Kaeske: Verbindungen des Muskelhämoglobins. Biochem. Z. 312 (1942), 121;

29. Koller, R. : "Trockenfleisch". Wiener Tierärztl. Mschr. 36 (1949), 79; 139;
30. Kollmann, F., und A. Schneider: Bericht über Sorptionsmessungen und Trocknungsversuche mit aktiver Tonerde Giulini AGL 1. Durchgeführt am Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München; unveröffentlicht;
31. Kotter, L., und O. Prändl: Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Fabrikation schnittfester Rohwürste. Fleischwirtschaft 10 (1958), 26;
32. Kowkcheswili, E., u. L. Timofeywa: Gefriertrocknung von Fleisch in Rußland. Aufquellen von Fleisch, das bei tiefen Temperaturen getrocknet wurde. Myasnaya Industria UdSSR, 22 (1951) Nr. 5 Ref. in Fleischwirtschaft 5 (1953), 310;
33. Lerche, M. : Fleischkonservierung durch Trocknung. Fleischwirtschaft 22 (1942), 191;
34. Matheson, N. A. : Enzymes in dehydrated meat. Recent adv. food sci. 2 (1962), 57; ref. in Z. Lebensmittel-Untersuch. 123 (1963/64), 160;
35. Müller, W., und W. B. Prietsch: Verfahren zum Trocknen des Fleisches von Fischen und von Schlachttieren. D.R.P. 128345 v. 8. III. 1900;
36. Nahlik, W. : Fleischkonservierung durch Trocknen. I. Trocknen an frischer Luft. Gosp. Miesna, Warszawa, 14 (1962) Nr. 11, 23. Ref. in "Der Fleischermeister" 18 (1964), 55;

37. Nemitz, G.: Die hygroskopischen Eigenschaften getrockneter Lebensmittel.
Z. Lebensmittel-Untersuch. 123 (1963/64), 1;
38. Obermiller, J.: Die Konservierung von Fleisch oder Fisch u. ähnlichen Stoffen bei beliebiger, durch die Witterung gegebener Temperatur durch einfache Luftbehandlung.
Z. Fleisch- u. Milchhygiene 40 (1930), 291;
39. Opitz, P., und H. L. Jahrsetz: Verfahren zum Trocknen u. Konservieren von Fleischwaren.
D.R.P. 106054 v. 25. IX. 1898;
40. Partmann, W., und G. Nemitz: Eiweißveränderungen in gefriergetrockneter Muskulatur.
Z. Lebensmittel-Untersuch. 120 (1963), 190;
41. Petersen, E. E.: Industrielles Gefriertrocknen von Lebensmitteln.
Fleischwirtschaft 13 (1961), 736;
42. Petersen, E. E.: Trocknen von Lebensmitteln durch die Vakuumkontaktmethode.
Fleischwirtschaft 13 (1961), 204;
43. Pope, C. G., und M. F. Stevens: Determination of Nitrogen, using a copper method.
Biochemical Journal, London 33 (1939), 1070;
44. Prater, A. R., und A. G. L. Elliot: Storage tests on air-dried mutton-mince. Div. Food Preservation and Transport, Technical Paper 1957, Nr. 5.
Commonwealth Sci. Ind. Res. Org. Australia;
45. Prater, A. R., und A. G. L. Elliot: Effect of sulphur dioxide on keeping quality of dried mutton-mince.
Div. Food Preservation and Transport, Technical Paper 1958, Nr. 9.
Commonwealth Sci. Ind. Res. Org. Australia;

46. Prater, A.R., und
A.G.L. Elliot: Effects of residual oxygen on storage life of dehydrated mutton-mince.
Div. Food Preservation and Transport.
Technical Paper 1959, Nr. 10.
Commonwealth Sci. Ind. Res. Org. Australia;
47. Prater, A.R., und
A.G. Coote: Die Trocknung von Hammelfleischscheiben.
Div. Food Preservation and Transport.
Technical Paper 11 (1959). Commonwealth
Sci. Ind. Res. Org. Australia;
48. Regier, L.W., und
A.L. Tappel: Freeze-dried meat. III. Non oxidative deterioration of freeze-dried beef.
Food Res. 21 (1956), 630;
49. Schultheiß, A.: Zur Kenntnis der Veränderungen des Fleisches während der Trocknung und anschließenden Lagerung.
Naturwiss. Diss. München 1959;
50. Segalove, M., und
G.M. Dack: Growth of bacteria associated with food poisoning experimentally inoculated into dehydrated meat.
Food Res. 16 (1951), 118;
51. Sharp, J.G.: Dehydrated Meat. Ref. in Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 99 (1954), 56;
52. Sharp, J.G.: Non-enzymatic browning deterioration in dehydrated meat. Recent advance in food science.
Hrsg. v. J. Hawthorn und J.M. Leitch Bd. II
S. 65. Verlag Butterworth, London 1962;
53. Stille, B.: Grenzwerte der rel. Feuchtigkeit u. des Wassergehaltes getrockneter Lebensmittel für den mikrobiellen Befall.
Z. Lebensmittel-Unters. u. -Forsch. 88 (1948), 9;

54. Tappel, A.L.: Freeze-dried meat. II. The mechanism of oxidative deterioration of freeze-dried beef. Food Res. 21 (1956), 195;
55. Thomas, M.H., und D.H. Calloway: Nutritional value of dehydrated foods. J. Amer. dietet. Assoc. 39 (1961), 105;
56. Tappel, A.L., A. Conroy, M.R. Emerson, L.W. Regier und G.F. Stewart: Freeze-dried meat. I. Preparation and Properties. Food Technol. 9 (1955), 401;
57. Thomson, J.S., J.B. Fox jr. und W.A. Landmann: The effect of water and temperature on the deterioration of freeze-dried beef during storage. Food Technol. 16 (1962), 131;
58. Tappel, A.L., R. Martin und E. Plocher: Freeze-dried meat. V. Preparation, properties and storage stability of precooked freeze-dried meats, poultry and seafoods. Food Technol. 11 (1957), 599;
59. Theorell, H.: Kristallinisches Myoglobin. - III. Mitteilung: Die absolute Lichtabsorption von Oxy-, Carb-oxy-, Meta- u. reduziertem Myoglobin. Biochem. Zeitschrift 268 (1934), 55;
60. Wang, H., F. Andrews, E. Rasch, D.M. Doty, H.R. Kraybill: A histological and histochemical study of beef dehydration. I. Rate of dehydration and structural changes in raw and cooked meat. Food Res. 18 (1953), 351;
61. Wang, H., E. Auerbach, V. Bates, D.M. Doty und H.R. Kraybill: A histological and histochemical study of beef dehydration. IV. Characteristics of muscle tissues dehydrated by freeze-drying techniques. Food Res. 19 (1954), 543;
62. Mitteilung der Firma Gebrüder Giuliani G.m.b.H. Ludwigshafen, Rhein.

Am Ende meiner Dissertation erlaube ich mir, Herrn Professor Dr. L. K o t t e r für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Überlassung des Arbeitsplatzes verbindlichsten Dank zu sagen.

Herrn Professor Dr. G. Terplan möchte ich ebenfalls für zahlreiche Hinweise und sein freundliches Entgegenkommen danken.

Ebenso gilt mein Dank Fräulein Diplom-Chemikerin B. R o l l e für das jederzeit entgegengebrachte Interesse.

Schließlich möchte ich mich auch bei Herrn Dr. R. W e l l h ä u s e r für die kritische Durchsicht der Dissertation besonders bedanken.

Lebenslauf

Am 9.8.1934 wurde ich, Rudolf B a u e r, als Sohn des Obermeisters Friedrich B a u e r und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Sauerwein, in Lorsch/Hessen geboren.

Die Reifeprüfung legte ich im Februar 1956 am Tulla-Gymnasium in Mannheim ab.

Nach dreijähriger Dienstzeit bei der Bundeswehr begann ich im Wintersemester 1959/60 in München mit dem Studium der Tiermedizin, das ich am 15. Juli 1964 mit dem Staatsexamen abschloß.

Seit dem 1. Januar 1965 arbeite ich als Veterinärpraktikant.

